

MAGNETIC HARD DISK DRIVE AND METHOD FOR SERVO WRITING OF TRACK POSITION

Patent number: JP2001143416
Publication date: 2001-05-25
Inventor: RICHARD M EARIKKU; JOHN LYNN; DAVID B JEPSON; OKI KENJI
Applicant: QUANTUM CORP
Classification:
- international: G11B21/10
- european:
Application number: JP20000287299 20000921
Priority number(s):

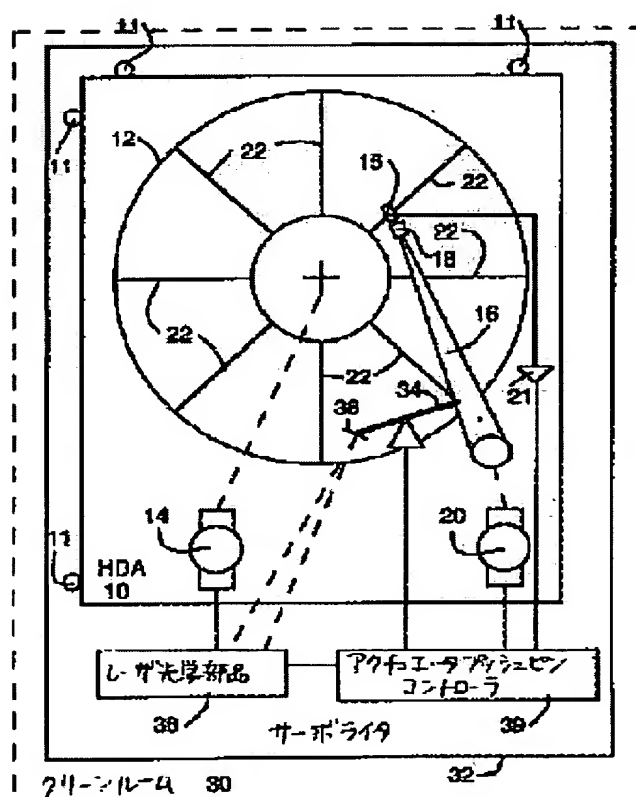
Also published as:

 US6519107 (B1)

Abstract of JP2001143416

PROBLEM TO BE SOLVED: To shorten the time that a disk drive spends at a servo station, during manufacturing of a disk drive.

SOLUTION: A method for the servo writing of a magnetic hard disk drive includes a step for the servo writing of a 1st servo burst pattern using a servo writer coupled with a head disk assembly in clean-room environment, a step for the self-writing of at least a 2nd servo burst pattern offset radially from the 1st burst pattern by reading the 1st burst pattern without using the servo writer, and a step for the self-writing of a final burst pattern using the 1st burst pattern and 2nd burst pattern without using the servo writer.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-143416
(P2001-143416A)

(43) 公開日 平成13年5月25日 (2001.5.25)

(51) Int.Cl.⁷

G11B 21/10

識別記号

F I

G11B 21/10

特コード* (参考)

W

審査請求 未請求 請求項の数43 O L 外国語出願 (全 70 頁)

(21) 出願番号 特願2000-287299(P2000-287299)

(22) 出願日 平成12年9月21日 (2000.9.21)

(31) 優先権主張番号 09/406247

(32) 優先日 平成11年9月24日 (1999.9.24)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 591179352

クワンタム・コーポレーション
QUANTUM CORPORATION
アメリカ合衆国、95035 カリフォルニア
州、ミルピタス、マッカーシー・ブールバ
ード、500

(72) 発明者 リチャード・エム・エアリック
アメリカ合衆国、95070 カリフォルニア
州、サラトガ、マリーラ・ドライブ、
12092

(74) 代理人 100064746

弁理士 深見 久郎 (外5名)

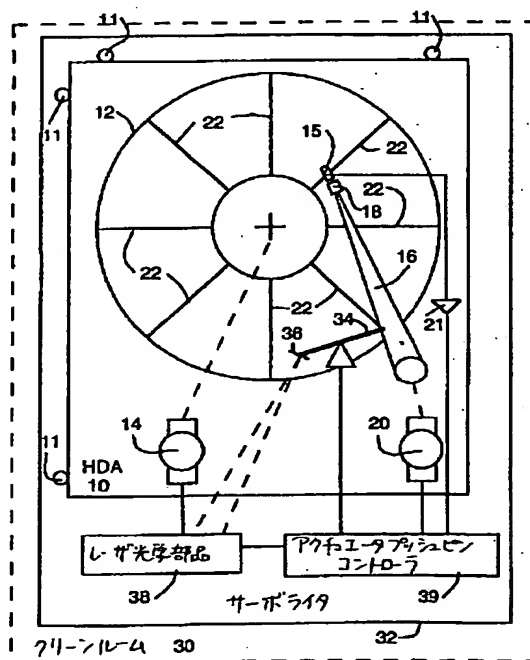
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気ハードディスクドライブおよびトラック位置をサーボライトするための方法

(57) 【要約】

【課題】 ディスクドライブ製造中にディスクドライブがサーボステーションで費やす時間を低減する。

【解決手段】 磁気ハードディスクドライブをサーボライトするための方法は、クリーンルーム環境内のヘッドディスクアセンブリに結合されるサーボライタを用いることによって第1のサーボバーストパターンをサーボライトするステップと、サーボライタを用いることなしに第1のバーストパターンを読み出すことによって第1のバーストパターンに対して半径方向にオフセットされる少なくとも第2のサーボバーストパターンをセルフライトするステップと、サーボライタを用いることなしに第1のバーストパターンおよび第2のバーストパターンを用いることによって最終のバーストパターンをセルフライトするステップとを含む。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ヘッドディスクアセンブリの磁気ハードディスクの記憶表面のトラック場所をサーボライトするための方法であって、

ハードディスクアセンブリに結合されるサーボライタを用いることによって第1のサーボバーストパターンをセルフライトするステップと、

サーボライタを用いることなしに第1のバーストパターンを用いることによって最終のサーボバーストパターンをセルフライトするステップとを含む、方法。

【請求項2】 サーボライタを用いることなしにヘッドディスクアセンブリのヘッドで第1のバーストパターンを読み出し、サーボライタを用いることなしに第1のバーストパターンおよび第2のサーボバーストパターンを用いることによって最終のサーボバーストパターンをいくつかのトラック場所にセルフライトすることによって、第1のバーストパターンのバーストエッジに対して半径方向にオフセットされた円周バーストエッジを有する第2のサーボバーストパターンを、記憶表面のいくつかのトラック場所にセルフライトするステップをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項3】 第1のサーボバーストパターンおよび第2のサーボバーストパターンの半径方向に中間の円周エッジに位置する円周バーストエッジを有する第3のサーボバーストパターンを記憶表面の前記いくつかのトラック場所にセルフライトするステップをさらに含み、前記いくつかの場所に最終のバーストパターンをセルフライトするステップは、第1のバーストパターン、第2のバーストパターンおよび第3のバーストパターンを用いることによって実行される、請求項2に記載の方法。

【請求項4】 第1のサーボバーストパターンおよび第3のサーボバーストパターンの径方向に中間の円周エッジに位置する円周バーストエッジを有する第4のサーボバーストパターンを記憶表面の前記いくつかのトラック場所にセルフライトするステップをさらに含み、前記いくつかの場所に最終バーストパターンをセルフライトするステップは、第1のバーストパターン、第2のバーストパターン、第3のバーストパターンおよび第4のバーストパターンを用いることによって実行される、請求項3に記載の方法。

【請求項5】 第1のサーボバーストパターンをサーボライトするステップは、クリーンルーム環境内に位置するサーボライタステーションで実行され、最終のサーボバーストパターンをセルフライトするステップは、クリーンルーム環境の外の場所で実行される、請求項1に記載の方法。

【請求項6】 サーボライトするステップの後に続いてドライブ電子回路基板をヘッドディスクアセンブリに取付けかつ接続し、回路基板のドライブ電子部品を用いてクリーンルーム環境の外のセルフスキュンステーション

でドライブセルフスキュン中にセルフライトステップを実行するさらなるステップを含む、請求項5に記載の方法。

【請求項7】 セルフサーボライトするステップより前に、セルフサーボライト制御ルーチンをドライブ電子部品にダウンロードするさらなるステップを含む、請求項6に記載の方法。

【請求項8】 サーボライタを用いることによって少なくとも1つの基準トラックをサーボライトするさらなるステップと、少なくとも1つの基準トラックをセルフリードしてヘッドディスクアセンブリの特性を決定するさらなるステップとを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項9】 少なくとも1つの基準トラックをサーボライトするステップは、ヘッドディスクアセンブリの記憶ディスクの半径方向範囲にわたって複数個の基準トラックをサーボライトするステップを含み、少なくとも1つの基準トラックをセルフリードするステップは、複数個の基準トラックをセルフリードするステップを含む、請求項8に記載の方法。

【請求項10】 読出素子が回転アクチュエータヘッドポジションの角度位置の関数として書込素子に対する位置的オフセットを明示するように、ヘッドディスクアセンブリは、書込素子よりも小さい幅を備える読出素子を有するデュアル素子読出/書込ヘッドを位置決めするための回転アクチュエータヘッドポジションを含み、特性を決定するステップは、角度位置の関数としてリーダ対ライタのオフセットを決定するステップを含む、請求項8に記載の方法。

【請求項11】 ヘッドディスクアセンブリの最終のサーボセクタバーストパターンは、第1のバーストパターンおよび最終のバーストパターンを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項12】 ヘッドディスクアセンブリの最終のサーボセクタバーストパターンは、第1のパターンのトリミングされていないバーストA、B、CとトリミングされていないバーストD、EおよびFを含むトリミングされていない6個のバーストのパターンを含み、各バーストは、バーストパターン内のあらゆる他のバーストから半径方向にオフセットされる、請求項11に記載の方法。

【請求項13】 各データトラックは、 $\{(C-A)-(D-E)\}=0$ の関係に従って記憶表面上に名目的に中心点を見出す、請求項12に記載の方法。

【請求項14】 サーボライトするステップの後に続いてドライブ電子部品回路基板をヘッドディスクアセンブリに取付けかつ接続し、回路基板のドライブ電子部品を用いてクリーンルーム環境の外のセルフスキュンステーションでドライブセルフスキュン中にセルフライトするステップを実行するさらなるステップを含み、ドライブ電子部品は、セルフサーボライトの後に続くドライブ動

作中のトラック追従動作を実行する際に請求項11に述べた関係を計算する、請求項13に記載の方法。

【請求項15】 ドライブのヘッドは、書込素子および読出素子を含み、書込素子は、トラック幅の約3分の2の書込幅を有し、ヘッドディスクアセンブリの最終のサーボセクタバーストパターンは、トリミングされていないバーストA、B、C、D、EおよびFを含むトリミングされていない6個のバーストのパターンを含み、各バーストは、3分の1トラックピッチ分バーストパターン内のあらゆる他のバーストパターンから半径方向にオフセットされる、請求項1に記載の方法。

【請求項16】 トリミングされていないバーストA、BおよびCは、サーボライトするステップで記録され、バーストD、EおよびFは、セルフライトするステップで記録される、請求項15に記載の方法。

【請求項17】 書込素子対読出素子のオフセットを決定するさらなるステップを含み、ドライブは、書込素子幅または読出素子幅を決定することなしに、A-Bバースト中心線またはB-Cバースト中心線を追従することによって書込素子対読出素子のオフセットを決定した後に、3分の1トラックピッチ間隔で最終のサーボバーストパターンをセルフライトする、請求項16に記載の方法。

【請求項18】 書込素子は、公称トラック幅の66%と120%との間の範囲に存在する電気的な幅を有し、読出素子は、公称トラック幅の35%と75%との間の範囲に存在する電気的な幅を有する、請求項17に記載の方法。

【請求項19】 ヘッドディスクアセンブリに結合されるサーボライタを用いることによって第1のサーボバーストパターンをサーボライトするステップは、各データトラックごとに2回のサーボトラック書込通過があるように、ディスクの記憶表面上に規定されるデータトラックのデータトラックピッチの1.5倍のサーボトラックピッチを有するサーボトラックを漸進的に書込むことによって実行される、請求項1に記載の方法。

【請求項20】 サーボライタを用いることによって第1のサーボバーストパターンをサーボライトするステップは、表面にデジタルサーボデータを書込むステップをさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項21】 表面にデジタルサーボデータを書込むステップは、第1のサーボバーストパターンを書込むステップの直前に実行される、請求項20に記載の方法。

【請求項22】 サーボライタを用いることなしに第1のバーストパターンを用いることによって最終のサーボバーストパターンをセルフライトするステップは、特定のデータトラック場所でディスクの複数の回転にわたって反復可能ランアウトエラーを決定し、バースト補正値を計算しかつ与えて、最終のサーボバーストパターンをセルフライトしている間決定された反復可能ランアウト

エラーを最小限にするステップを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項23】 サーボライトするステップの後に続いてドライブ電子部品回路基板をヘッドディスクアセンブリに取付けかつ接続するステップと、回路基板のドライブ電子部品を用いて、クリーンルーム環境の外のセルフスキャンステーションでドライブセルフスキャン中にセルフライトするステップを実行するステップとを含み、最終のサーボバーストパターンをセルフライトする間バースト補正値を計算しかつ与えるステップを含む、請求項22に記載の方法。

【請求項24】 サーボライトするステップの後に続いてデジタルコンピュータをヘッドディスクアセンブリに接続し、セルフライトするステップを実行するためにデジタルコンピュータを用いるステップを含み、最終のサーボバーストパターンをセルフライトする間バースト補正値を計算しかつ与えるステップを含む、請求項22に記載の方法。

【請求項25】 デジタルサーボデータおよび第1のサーボバーストパターンを表面に書込むステップは、デジタルサーボデータの第1および第2のサーボの組と第1のサーボバーストパターンとを表面に書込むステップを含み、最終のバーストパターンは、第1および第2のサーボの組の他方内にセルフライトされ、サーボの組の前記一方をオーバーライトするさらなるステップを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項26】 スピンドルモータによって回転させられる少なくとも1つのデータ記憶ディスクと、誘導性書込素子および磁気抵抗性読出素子を含みヘッドポジションナによってディスクの記憶表面上に規定される半径方向トラック場所に位置決めされるヘッドトランスデューサとを含み、ディスクドライブは、ヘッドトランスデューサに接続される書込/読出チャネルを含み、さらに、スピンドルモータを駆動するためのスピンドルモータと、ヘッドポジションナを駆動するためのポジションナドライバと、外部計算環境にドライブを接続しキャッシュバッファを含むインターフェイスと、少なくともヘッドポジションナを制御して選択されたデータトラックにヘッドトランスデューサを位置決めするためのドライブコントローラとを含む磁気ハードディスクドライブであって、ディスクドライブは、製造プロセスの一部としてサーボライタによって記憶表面の少なくとも一部上に記録される基準サーボパターンを有し、基準サーボパターンは、最終製品のパターンについて不完全であり、ディスクドライブは、基準サーボパターンに応答して記憶表面にわたって埋込まれたサーボの最終製品のパターンをセルフライトするためにドライブによって実行されるセルフサーボライトソフトウェアを含む、磁気ハードディスクドライブ。

【請求項27】 基準サーボパターンは、サーボライタ

の直接の制御下でヘッドトランスデューサの書込素子によって記憶表面上に記録される、請求項26に記載の磁気ハードディスクドライブ。

【請求項28】 基準サーボパターンは、トラックからトラックへと実質的に位相コヒーレントであり、デジタルトラック数情報を含むデジタルトラック情報フィールドを含む、請求項26に記載の磁気ハードディスクドライブ。

【請求項29】 基準サーボパターンは、円周的にシークンシャルであり半径方向にオフセットされる基準サーボバーストの反復するパターンを含む、請求項26に記載の磁気ハードディスクドライブ。

【請求項30】 書込素子は、読出素子の磁気的な読出幅よりも広い磁気的な書込幅を有し、基準サーボバーストは、単一のトラックピッチ内のいくつかのしかしすべてではない半径方向の場所についてデータトラックに対するセンタリング情報を与える、請求項29に記載の磁気ハードディスクドライブ。

【請求項31】 磁気的な書込幅は、公称トラック幅の66%と120%との間の範囲に存在し、磁気的な読出幅は、公称トラック幅の35%と75%との間の範囲に存在する、請求項30に記載の磁気ハードディスクドライブ。

【請求項32】 ヘッドポジションナは、回転アクチュエータを含み、ディスクドライブセルフサーボライトソフトウェアは、ディスクドライブに、基準サーボバーストを参照することによって中間サーボバーストをセルフライトさせ、中間サーボバーストを参照することによって最終製品のサーボバーストパターンをセルフライトさせる、請求項31に記載の磁気ハードディスクドライブ。

【請求項33】 ディスクドライブは、ユーザデータ場所に中間サーボバーストをセルフライトし、セルフサーボライトソフトウェアは、ディスクドライブに、その後のディスクドライブのユーザデータ記憶および取出し動作中にユーザデータで中間サーボバーストを上書きさせる、請求項32に記載の磁気ハードディスクドライブ。

【請求項34】 基準サーボバーストは、ディスクドライブによってセルフライトされた最終製品のサーボバーストパターン内に含まれる、請求項31に記載の磁気ハードディスクドライブ。

【請求項35】 ディスクドライブによってセルフライトされた最終製品のサーボバーストパターンは、隣接するデータトラックの各対ごとに、バーストA、B、C、D、EおよびFのトリミングされていない6個のサーボバーストのパターンを含む、請求項31に記載の磁気ハードディスクドライブ。

【請求項36】 ディスクドライブコントローラは、ヘッドポジションナに、 $\{(C-A) - (D-E)\} = 0$ の関係に従ってデータトラックの中心上にヘッドトランスデューサを位置決めさせる、請求項35に記載の磁気ハ

ードディスクドライブ。

【請求項37】 ディスクドライブは、各ヘッドトランスデューサを独立して位置決めするためのマイクロアクチュエータを有するデュアルステージアクチュエータを含み、ディスクドライブコントローラは、ヘッドポジションナおよび各マイクロアクチュエータを別個に制御する、請求項26に記載の磁気ハードディスクドライブ。

【請求項38】 埋込まれたサーボパターンを規定する記憶表面を有する磁気データ記憶ディスクと、公称トラック幅の66%と120%との間の範囲の磁気的な書込幅を有する磁気書込素子および、公称トラック幅の35%と75%との間の範囲の磁気的な読出幅を有する磁気抵抗性読出素子を含むヘッドトランスデューサと、記憶表面上にさらに規定される同心円状のデータ記憶トラックに対してヘッドトランスデューサを位置決めするためのヘッドポジションナとを含み、埋込まれたサーボパターンは、バーストA、B、C、D、EおよびFのトリミングされていない6個のサーボバーストのパターンを隣接するデータトラックの各対ごとに含む、ディスクドライブ。

【請求項39】 トリミングされていないサーボバーストA、BおよびCは、ディスクドライブ製造プロセス内のサーボライタの直接の制御下の間に磁気書込素子によって表面に書込まれ、トリミングされていないサーボバーストD、EおよびFは、サーボライタステップの後に続いてドライブセルフスキャン動作中にディスクドライブによってセルフライトされる、請求項38に記載のディスクドライブ。

【請求項40】 ディスクドライブは、回転ヘッドポジションナを含み、データ記憶表面に対するヘッドトランスデューサの半径方向の位置に起因する書込素子/読出素子のオフセット角度を補償するためにトリミングされていないサーボバーストD、EおよびFをセルフライトするより前に、バーストA、BおよびCを参照することによってサーボバーストd、eおよびfの中間の組をセルフライトする、請求項39に記載のディスクドライブ。

【請求項41】 サーボバーストd、eおよびfの中間の組は、それぞれバーストA、BおよびCの約16.7%の半径方向オフセットでディスクドライブによってセルフライトされ、サーボバーストD、EおよびFは、それぞれバーストd、eおよびfの約16.7%の半径方向オフセットでディスクドライブによってセルフライトされる、請求項40に記載のディスクドライブ。

【請求項42】 埋込まれたサーボパターンは、サーボバーストに隣接して先行するデジタルトラック情報フィールドをも含み、そのデジタルトラック情報フィールドは、トラックからトラックへ実質的に位相コヒーレントであり、読出素子によって読出されるデジタルトラック数情報を含む、請求項38に記載のディスクドライブ。

【請求項43】 ディスクドライブは、各ヘッドトラン

7

スデューサを独立して位置決めするためのマイクロアクチュエータを有するデュアルステージアクチュエータと、ヘッドポジショナおよび各マイクロアクチュエータを個別に制御するためのディスクドライブコントローラを含む、請求項38に記載のディスクドライブ。

【発明の詳細な説明】

【0001】この発明は、一般的には、磁気ハードディスクドライブにおけるヘッド位置決めに関する。より具体的には、この発明は、サーボライタを採用して粗い位置基準バーストパターンを記録し、次に、ディスクドライブサーボを採用して粗い位置バースト基準パターンに基づいて最終の細かい位置バースト基準パターンをセルフライトすることによって、磁気データ記憶ディスク上にヘッド位置基準サーボパターンを書込むための方法に関する。

【0002】磁気ハードディスクドライブは、従来には、回転ボイスコイルヘッドポジショナを採用して、トラックシーク動作中に同心円上のデータトラック間でデータトランスデューサヘッドを高速に移動させ、ユーザデータ書込または読出動作中に選択されたデータトラック上にヘッドを維持する。データトランスデューサヘッドは、磁気データ記憶表面上のおよそ1ミクロン以下のところに空気軸受で浮動することによって回転する磁気データ記憶表面に極めて接近して維持される。このようにして、線形データ記憶密度を極めて高くすることが可能である。線形記録密度が実際の限界に近づくと、トラック幅を低減しこれによって直径3.5インチなどの標準の製造サイズのディスク記憶表面上に規定可能である同心円上のデータトラックの数を増大させるために、記憶容量を増大させるための別のより最近の傾向は、有効なヘッドの磁気的な幅をさらに狭くしていくことであった。

【0003】ディスク上に記録される識別可能な磁束遷移信号を回復するために、デュアルヘッド構造が採用されてきた。誘導性書込素子がディスク上に磁束遷移を書込むために用いられ、磁気抵抗性または巨大な磁気抵抗性材料の別個の読出素子が、ディスクから磁束遷移を読出すために用いられる。比較的広い書込素子および比較的狭い読出素子を設けることが知られている。実際には、ヘッドがヘッドポジショナによってトラック中心線と正確に位置合わせまたは維持され得ないとしても、より狭い読出素子が、トラックが読出されることを可能とするために、現在のところ好まれている。この緩やかなトラッキング許容差は、ディスクドライブ製品内にあまり複雑でなく高価でないヘッド位置トラッキングシステム（サーボ）を採用することが可能であることを意味する。別個の書込素子および読出素子を使用すると、製造許容差の存在のために、読出および書込のための異なったトラッキングターゲット位置が必要とされる。回転ヘッドポジショナを使用すると、書込対読出のオフセット

8

（所与のトラック上の書込および読出のための最適なトラッキングターゲット間の半径方向分離）は、記録されたトラックに対するヘッド支持構造（空気軸受スライダ本体）のスキュー角の関数として回転ポジショナのストロークによって明らかに異なっている。任意の特定の位置でのこのオフセット変動は、「書込対読出のオフセット」として知られている。狭い読出素子の欠点の1つは、そのような素子によって、たとえば、その開示がここに引用によって援用される、「ディスクドライブヘッドポジショナのためのエッジサーボ」（“Edge Servo for Disk Drive Head Positioner”）と題するR. ムーン（R. Moon）に付与され、同一人に譲渡された米国特許番号第5,170,299号に記載されるパターンなどの、従来のバーストパターンとともに使用されると、データトラックの半径方向幅にわたるすべての位置での良好な位置エラー信号（「PES」）を得ることが困難になることである。この欠点は、アクチュエータストロークにわたる各トラックごとに、実際の中心に対して実質的にすべての半径方向ヘッド位置に利用可能なPESを与える特殊なサーボバーストパターンを与え、使用することを必要とする。

【0004】デュアルヘッド構造の書込素子および読出素子は、特に回転ボイスコイルアクチュエータがデュアル素子ヘッドを位置決めするために用いられるときに、ある位置的なオフセットを有する可能性がある。回転アクチュエータによって、書込素子と読出素子との間の位置上のオフセットは、ディスク表面に対するヘッドトランスデューサおよびアクチュエータの回転ストロークにわたって異なる。

【0005】データトラックは、互いにきわめて接近しておかれる（ディスク半径方向1インチ当たり、1000から20000トラック以上の高トラック密度）ので、ヘッド位置サーボループが、典型的には、ヘッドポジショナを制御するためにディスクドライブ電子部品の一部として設けられる。ヘッド位置情報をサーボループに与えるために、各磁気記憶表面は典型的には、記録されたサーボ情報を担持する。この情報は、時に「楔」または「スポーク」と呼ばれる、ユーザデータセクタまたはセグメント間の狭いサーボセクタの円周連続として各データトラック内に最も頻繁に「埋込まれる」。サーボ情報は、典型的には、トラックシークおよび粗い位置決め動作中に用いられるある位相コヒーレントのあるデジタル情報を含み、細かい位置情報は、典型的には、特定のトラックからの読出およびこれへの書込動作中にヘッドトラッキングのために用いられるバーストパターンの形状をとる。ディスクドライブ製造プロセスにおけるサーボライトするステップ中に、一旦書込まれると、サーボセクタはその後、ディスクドライブコントローラ論理によって、ディスクの記憶表面の「リードオンリ」と呼ばれる領域の上書から保護される。ヘッドがサーボセ

クタ位置を通過すると、粗いおよび細かい位置情報は、ヘッドによってサンプリングされ、このサンプリングされた情報は、トラックシークおよびトラック追従動作中のヘッド位置決め装置の閉ループ制御のために、ディスクドライブのサーボ制御ループに与えられ、これによって使用される。

【0006】正確に書込まれたサーボ情報を与えるために、典型的には、データベースの干渉計技術を採用する非常に正確なサーボライタ機器が、大気微粒子汚染が厳しく制御されているドライブ製造施設の「クリーンルーム」内で採用されている。クリーンルームは、ディスクドライブは典型的にはその内側が周囲環境にさらされてサーボライタされるために、必要とされる。レーザ干渉計サーボライタは、ディスクドライブのアクチュエータ位置を正確に測定する。この正確に測定された位置に基づいて、回転ボイスコイルアクチュエータなどのドライブヘッドポジションが、サーボライタの制御下でトラックからトラックへ移動され、各データヘッドが、関連づけられたデータ記憶表面にサーボ情報を書込む。一旦、サーボパターンが書込まれると、これはリードバック処理によってテスト可能であり、一方で、ドライブは、サーボパターンが有効かつ正確に書込まれたことをベリファイするためにサーボライタステーションに留まる。サーボライタ制御下で1トラックあたり3回の通過でサーボパーストを書込むことが知られている。しかしながら、各ディスク表面上に多数のトラックがあれば、サーボパースト書込プロセスは非常に時間がかかり、したがって非常に高価になる可能性がある。

【0007】ディスクドライブサーボライタおよびサーボライタ技術の典型例は、「磁気ディスク上にサーボ信号を書込むための方法および同方法によって記録されたサーボパターンを有する磁気ディスクを備える磁気ディスクドライブ」(“Method for Writing Servo Signals onto a Magnetic Disk and Magnetic Disk Drive Equipped with Magnetic Disk(s) Having Servo Pattern Recorded by the Method”)と題するセオ(Seo)に付与された米国特許番号第5,748,398号と、「制御装置、ステージ装置および堅固な安定補償器を含むハードディスクサーボライタ装置」(“Control Apparatus, a Stage Apparatus and a Hard Disk Servowriter Apparatus Including a Robust Stabilizing Compensator”)と題するサトー(Sato)に付与された米国特許番号第5,726,879号と、「被覆されたデータ記憶システムのためのサーボ情報記録方法および装置」

(“ServoInformation Recording Method and Apparatus for an Enclosed Data StorageSystem”)と題するマレック(Malek)に付与された米国特許番号第5,627,698号と、「磁気ディスクドライブをサーボライタするためのシステムおよび方法」(“System and Method for Servowriting a Magnetic Disk Drive”)と題

するジェームス(James)らに付与された米国特許番号第5,339,204号とに提供され、その開示は、ここに引用により援用される。サーボライタに共通する特徴の1つは、これらがディスクドライブ製造プロセスにおける資本設備の非常に複雑かつ高価なアイテムであることである。サーボライタおよび関連するクリーンルームのコストは、各ディスクドライブが製造されサーボライタされる限界原価負担として償却されなければならない。

10 【0008】基準ディスクの表面上にサーボパターンをサーボライタで書込むことが提案されてきた。基準ディスクをディスクドライブスピンドル上に設置することによって、基準サーボパターンを用いて、埋込まれたサーボパターンをディスクドライブ内の他の記憶表面上に書込む。そのような方策は、「ESPER-2ハードディスクドライブサーボライタのアーキテクチャおよび性能」(“Architecture and Performance of the ESPER-2 Hard-Disk Drive Servowriter”)と題する、IBM誌研究開発(IBM J. Res. Develop.)、第37巻、第1号、1993年1月、第3〜11頁の記事においてH. オノ(H. Ono)によって記載される。オノによって記載される方策の欠点の1つは、サーボライタ上の基準ディスクの回転の中心が、ディスクドライブ内の基準ディスクの回転の中心に対応しない可能性があり、半径方向および接線次元における非反復可能ランアウトエラーが、ディスクドライブ内の異なったディスク間で異なることである(接線トラッキングエラーは、サーボ情報の位相コヒーレンスに干渉し、位相コヒーレントのデジタルサーボ情報フィールドについてのサーボクロック速度に対して制約を課す)。

30 【0009】データ記憶ディスク表面は、媒体欠陥または異常を含む可能性があるため、複数のサーボパターンセットを書込んでから誤りのないセットを選択する一方で他のセットを上書(消去)することが提案されてきた。この方策は、「ディスクドライブのためのセルフバリフィケーションを伴う複数のサーボセクタセット書込」(“Multiple Servo Sector Sets Write With Self-Verification for Disk Drive”)と題するソンプエル(Sompel)らに付与され、同一人に譲渡された米国特許番号第5,553,086号に記載され、その開示はここに引用により援用される。

40 【0010】既に述べたように、埋込まれたサーボ情報は、典型的には、特定のデータトラックを追従するために用いられた固定の周波数で記録されたある細かい位置パーストがあとに続くあるデジタルデータを含む。デジタルデータは、望ましくは、トラックからトラックへ位相コヒーレントであり、このため、これはトラックシーク動作中に読出可能であり、サーボシステムが2トラック間をトラック追従する間に読出されることも可能である。細かい位置パーストは、円周上シーケンシャルであ

り、半径方向にオフセットされ、このため、ヘッドがバーストセットの一部を通過すると、一部のバースト振幅サンプルが読出される。これらの振幅サンプルは、サーボシステムによって比較され使用されてPESを生成し、読出および書込が実行される際、トラック追従動作中にヘッド位置を制御する。特定のトラック位置でのデュアルヘッド構造の読出素子と書込素子との間のオフセットまたは読出対書込のオフセットのために、マイクロジョギング動作を採用して適切なヘッド位置決めを行なってもよい。比較的広い誘導性書込素子および比較的狭い磁気抵抗性読出素子を含むヘッドトランスデューサを有するディスクドライブであって、ヘッドトランスデューサが回転ボイスコイルアクチュエータをマイクロジョギングすることによって位置決めされるディスクドライブは、「ディスクドライブのための磁気抵抗性読出／誘導性書込ヘッド構造のための埋込まれたサーボセクタを含むデータトラックパターン」(“Data Track Pattern Including Embedded Servo Sectors for Magneto-Resistive Read/Inductive Write Head Structure for a Disk Drive”)と題する、トンザット (Ton-that) に付与され、同一人に譲渡された米国特許番号第5, 587, 850号に例示されかつ記載され、その開示はここに引用により援用される。

【0011】サーボライトの後に、クリーンルーム環境内に留まっている間、ディスクドライブヘッドディスクアセンブリ(「HDA」)は、外部の微粒子汚染を防ぐために封止される。HDAが封止されクリーンルームから出された後、電子回路基板がHDAに接続され、ドライブの物理的アセンブリを完成する。この段階で、完全に組立てられたディスクドライブは、バーンインラックまたはセルフスキャンステーションに送られ、ここでこれは典型的には、一定の時間期間にわたって連続的に作動され、また典型的には、ある一定範囲の温度にわたって作動され、信頼性を保証する。また、セルフスキャン中に、ドライブは、ある種のセルフスキャン動作を行ない、ヘッドおよび記憶ディスクの信頼性および特徴と、媒体欠陥の位置などの、自己についてのある種の事実および特徴とを発見し明らかにする。これらのデータは次に、典型的には、ディスクドライブの確保されたトラック上に記録され、ドライブの性能を維持し制御するためにその後に通常のディスクドライブ動作中に用いられてよい。また、セルフスキャン中に、ある構成および動作上のファームウェアおよびソフトウェアが、ディスクの確保されたトラックに転送され、その後に、通常のドライブデータ記憶および取出動作中に埋込まれたディスクドライブコントローラによって使用されてもよい。

【0012】1ディスク表面当たりのデータ記憶トラックの数(トラック密度)が増大すると、サーボライト精度および書込時間は比例的に増大する。クリーンルームのドライブ製造環境において高価なサーボライトの数を

無制限に設けることは理論的には可能であるが、実際には、限られた数のサーボライトのみが利用可能であり、サーボライトする時間は、より新しいディスクドライブ設計が何千ものデータトラックを有する記憶表面を含むとき特に、製造のボトルネックとなり得る。また、多数の製造サイクルにわたって所与の書込精度のサーボライトを利用し、各サイクルが典型的には増大したトラック密度を明示することが望ましいであろう。

【0013】バーンインまたはセルフスキャンラックは、サーボライトよりも遥かに安価であり、セルフスキャンラック能力を製造プロセスに加えると、サーボライト能力を加えるよりも遥かに、ドライブの負担コストの上昇は少なくて済む。

【0014】ディスクドライブをサーボライトするコストを低減するための提案の1つは、高価なクリーンルームからサーボライトを出すことを必要とする。この方策は、陽圧配置のディスクドライブのクロックヘッドポートに清浄な空気を注入し、注入された空気がサーボライトブッシュピンポートにドライブを排出することによるなどの、局所化された空気浄化および清浄を必要とする。これはクリーンルームよりも安価な方策であるが、高価なサーボライト装置をなおも必要とし、ディスクドライブ内部に入る微粒子汚染の可能性は、クリーンルーム環境を使用することによるよりも遥かに高い。

【0015】いくつかのセルフサーボライト方法およびアルゴリズムが、サーボライトのコストおよび不都合を全般的に回避するために提案されてきた。そのような方策の1つは、「ディスクドライブをセルフサーボライトするためのシステム」(“System for Self-Servowriting a Disk Drive”)と題するスウェアリンジェン (Swe aringen) らに付与され同一人に譲渡された米国特許番号第5, 668, 679号に記載され、その開示はここに引用により援用される。他の例は、「ディスクドライブのセルフサーボライトおよび方法」(“Self-Servowriting Disk Drive and Method”)と題するクリブ (Cribbs) らに付与された米国特許番号第5, 448, 429号と、「ディスクドライブ上にサーボトラックを書込むためのブートストラップ方法」(“Bootstrap Method for Writing Servo Tracks on a Disk Drive”)と題するクリブらに付与された米国特許番号第5, 541, 784号と、「使用可能なダイナミックレンジ内に基準レベルを維持するステップを含むセルフサーボライトのための方法およびシステム」(“Method and Systems for Self-Servowriting Including Maintaining a Reference Level Within a Usable Dynamic Range”)と題するチェイナー (Chainer) らに付与された米国特許番号第5, 757, 574号と、「ダイナミックエラー伝搬低減を伴うセルフサーボライトシステム」(“Self-Servowriting System with Dynamic Error Propagation Reduction”)と題するチェイナーらに付与された米国特許

番号第5, 793, 554号と、「セルフサーボライティングファイル」(“Self-Servowriting File”)と題するブラウン(Brown)らに付与された米国特許番号第5, 570, 247号と、「埋込まれたサーボトラック追従システムおよびサーボトラックを書込むための方法」(“Embedded Servo Track Following System and Method for Writing Servo Tracks”)と題するオリバー(Oliver)らに付与された米国特許番号第4, 414, 589号とに見出され、その開示は、ここに引用により援用される。

【0016】完全なセルフサーボライトが非常に望ましい目標であるが、実際には、ヘッド幅、利得、整列、記憶媒体特性および質などの、所与の製造許容差を実現することは非常に困難である。簡単に言えば、セルフサーボライト処理はこれまで、データ記憶表面にわたってトラックからトラックへの位相がコヒーレントであるデジタルサーボ情報を提供し、1インチあたり20, 000トラックにすぐに近づきつつある現在のデータトラック密度に対する線形PES値を与えるために必要とされるサーボバーストのための十分に正確な位置決めを確立する際に、ディスクドライブ大量生産における問題があることがわかっている。そのような高トラック密度は、より正確に書込まれるサーボ基準パターンを必要とするだけでなく、広帯域幅サーボ制御ループを必要とする。広帯域幅サーボループは、たとえば、デュアルステージアクチュエータを使用することによって実現可能である。磁気ヘッドアーム内の圧電デバイスを採用するデュアルステージアクチュエータは、「細かいヘッド変位のためのサブアクチュエータを備えるディスクシステム」

(“Disk System with Sub-Actuators for Fine Head Displacement”)と題するモリ(Mori)らに付与された米国特許番号第5, 189, 578号に記載され、その開示はここに引用により援用される。

【0017】したがって、ディスクドライブが、サーボライト環境外でコヒーレントなパターンを書込む必要なしに、ドライブバーンイン中に非常に高いデータトラック密度をサポートする埋込まれたサーボバーストパターンをセルフサーボライトすることを可能にする一方で、実際のサーボライト時間を最小限にするサーボライト処理の必要がこれまでのところ未解決のまま残されている。

【0018】この発明のある目的は、先行技術の限界および欠点を克服するような態様で、ディスクドライブがディスクドライブ製造中にサーボライタステーションで費やす時間を低減することである。

【0019】この発明の別の目的は、サーボライタ環境内の基準パターン書込の後のセルフサーボライトプロセス中に、ディスク振動に起因するものなどのある種の望ましくないパターンアーティファクトを除去することによって、製品のサーボバーストパターンの品質を向上さ

せることである。

【0020】この発明のさらなる目的は、先行技術の限界および欠点を克服するような態様でサーボライタの支援によって書込まれた基準サーボパターンに基づいて磁気ハードディスクドライブをセルフサーボライトするための方法を提供する。

【0021】この発明のさらに別の目的は、ディスクドライブ製造プロセスにおいてサーボライタを採用して、位相コヒーレントのデジタルサーボ情報および基準バーストパターンを記録し、次に、完成したディスクドライブを用いて、拡張セルフスキャン動作中に基準バーストパターンから得られるより詳細かつ包括的なサーボバーストパターンをセルフライトすることである。

【0022】この発明の関連する目的として、サーボライタは、初期のトリミングされていない、2トラックバーストパターン当たり3個のバーストを書込み、ディスクドライブは、書込対読出のオフセットが決定される限り、書込素子幅または読出素子幅を決定することなしに、初期の2トラックバーストパターン当たり3個のバーストを追従することによって、3分の1トラックピッチ間隔で製品バーストパターンを書込む。

【0023】この発明のあるさらなる目的は、最も高いまたは最新のトラック密度レイアウトまたは設計に匹敵するようサーボライタをアップグレードする必要なしに、各世代が、先行の世代から増大したトラック密度を有するようなディスクドライブ製品の多数の世代にわたるサーボライタの有効寿命を延長することである。

【0024】この発明のさらにもう1つの目的は、十分なPES直線性を備えるサーボフォーマットを発生し、サーボライタの時間を増大することなしに、ライタ幅(たとえば、トラックピッチの40%未満)に対する非常に狭い磁気抵抗性読出素子の使用を可能にすることである。

【0025】この発明のさらに別の目的は、高価なサーボライタ環境からそれほど高価でないドライブセルフスキャン環境内のディスクドライブにディスクドライブサーボライト動作のかなりの部分を移動させて、費用があまりかからず信頼性がより高いディスクドライブを得ることである。

【0026】この発明のさらに別の目的は、ファミリーの各ディスクに、各ドライブ内の特定のヘッド特性に従って最終の埋込まれたサーボバーストパターンの少なくともかなりの部分を各記憶表面上にセルフライトさせることによって、クリーンルームのサーボライタの製造上の活用を最適化するような態様で、広いリーダ/ライタ許容差を特徴とするヘッドを有するハードディスクドライブのファミリーをサーボライトすることである。

【0027】この発明の原理に従って、ヘッドディスクアセンブリの磁気ハードディスクをサーボライトするための方法は、ディスクドライブ製造作業においてサーボ

15

ライトステーションでのヘッドディスクアセンブリに結合されるサーボライタを用いて基準サーボバーストパターンをサーボライトするステップと、製造作業において電子基板をヘッドディスクアセンブリに取付けかつ接続することによってディスクドライブのアセンブリを完成するステップと、完成したディスクドライブをバーンインラックに転送するステップと、あるセルフサーボライト制御ソフトウェアをディスクドライブに転送し、バーンインラックにおいてディスクドライブを動作させて、サーボライタによってヘッドディスクアセンブリに書込まれた基準バーストパターンを用いることによって最終のサーボバーストパターンの少なくとも一部をセルフライトするステップとを含む。これに関して、ディスクドライブは、ディスクドライブの回転ポジションからの書込対読出のオフセットを考慮するために、最終のサーボバーストパターンをセルフライトするために用いられる中間サーボバーストパターンをセルフライトしてもよい。

【0028】この発明の関連する局面では、磁気ハードディスクドライブは、スピンドルモータによって回転させられる少なくとも1つのデータ記憶ディスクと、ヘッドトランスデューサであって、誘導性書込素子および磁気抵抗性読出素子を含み、ヘッドポジションによってディスクの記憶表面上に規定される半径方向トラック位置に位置決めされる少なくとも1つのヘッドトランスデューサとを有する。最終的に組立てられると、ディスクドライブは、ヘッドトランスデューサに接続される書込／読出チャンネルと、スピンドルモータを駆動するためのスピンドルドライブと、ヘッドポジションを駆動するためのポジションドライブと、ドライブを外部計算環境に接続しキャッシュバッファを含むインターフェイスと、少なくともヘッドポジションを制御して選択されたデータトラックにヘッドトランスデューサを位置決めするためのドライブコントローラとを含む。この発明のこの例では、ディスクドライブは、製造プロセスの一部としてサーボライタによって記憶表面の少なくとも一部上に記録された基準サーボパターンを有し、基準サーボパターンは、最終製品パターンに関しては不完全である。最終組立の後に、ディスクドライブにはセルフサーボライトのソフトウェアがロードされ、これを実行して、基準サーボパターンに基づいて記憶表面にわたって埋込まれたサーボ最終製品パターンをセルフライトする。基準サーボパターンは、最終製品パターンの一部であってもよく、これは廃棄され上書されてもよい。加えて、比較的広い書込素子の磁気的な幅（たとえば、トラック幅の66～120%）と比較的狭い読出素子の磁気的な幅（たとえば、トラック幅の35～75%）との間の書込対読出のオフセットおよび／または差異を補償するために、中間サーボバーストパターンを、いくつかのトラックについて書込んでよい。セルフサーボライトプロセスにおい

16

て実行される較正プロセスが、任意の中間サーボバーストパターンの必要性およびその位置を決定する。トラック数情報を含む位相コヒーレントのサーボフィールドがまた、基準サーボパターンおよび最終製品サーボパターン内に含まれてもよい。

【0029】この発明の原理を含むもう1つの例では、ディスクドライブは、埋込まれたサーボパターンを規定する記憶表面を有する磁気データ記憶ディスクを含む。ドライブはまた、公称トラック幅の66%と120%との間の範囲である磁気的な書込幅を有する磁気書込素子と、公称トラック幅の35%と75%との間の範囲である磁気的な読出幅を有する磁気抵抗性の読出素子とを含むヘッドトランスデューサと、記憶表面上にさらに規定される同心円上のデータ記憶トラックに対してヘッドトランスデューサを位置決めするためのヘッドポジションとを含む。この例では、埋込まれたサーボパターンは、隣接するデータトラックの各対ごとに、円周状シーケンシャルで、半径方向にオフセットされるトリミングされていないバーストA、B、C、D、EおよびFからなる6個のサーボバーストパターンを含む。ヘッド幅変動に対する僅かにより少ない許容差を伴う、トリミングされたバーストを採用する、1トラック当り4個のサーボバーストパターンを採用してもよい。しかしながら、同じ通過におけるバーストのトリミングおよび書込の欠点の1つは、各トリミングされたバーストエッジに沿ったランダム性がより少なく、したがって書込反復可能ランアウト（「RRO」）はより高くなることである。この発明のこれらのおよび他の目的、利点、局面および特徴は、添付の図面と関連づけて呈示される好ましい実施例の以下の詳細な記載を考慮すると、より十分に認められ理解されるであろう。

【0030】図1～図2を参照すると、図中、同様の参照文字が図面を通して同様のまたは対応する構造要素を指定し、ヘッドディスクアセンブリ（HDA）10は、磁気被覆または蒸着を担持してその上に規定される同心円上のデータトラックにユーザデータを記憶する少なくとも1つの主表面を有する少なくとも1つのデータ記憶ディスク12を含む。ディスク12は、ディスクスピンドルモータ14によって予め定められた角度速度で回転させられる。データトランスデューサヘッド構造15は、比較的広い書込素子17および比較的狭い読出素子19を担持する空気軸受スライダを含む。書込素子17は誘導性であり、これに対して、読出素子は、磁気抵抗性原理（たとえば、AMR、GMR、またはより進歩したヘッド技術、たとえば「巨大な磁気抵抗」原理）を採用する。ヘッド構造15は、ヘッドアーム16の末端にジンバル装着され、このため、先行技術に公知のとおり、スライダは、空気軸受上をディスク表面のすぐ上（1マイクロインチ以下）を自由に追従する。ヘッドアーム16の近端は、HDA10のベースに軸受して装着

17

され、回転ボイスコイルアクチュエータモータ20によってディスク表面に対して回転させられる。ヘッドアーム16の末端は、好適なマイクロアクチュエータ18を含んで、これによってデュアルステージのアクチュエータヘッドポジションを実現してもよい。マイクロアクチュエータは、前に参照したモリらによる米国特許番号第5,189,578号に示され、たとえば、「読出/書込ヘッドの軸調整をトラッキングするためのスタックされたコイルマイクロアクチュエータを備えたヘッド懸架」(“Head Suspension with Stacked Coil Microactuator for Tracking Axis Adjustment of a Read/Write Head”)と題するナイト(Knight)らに付与された米国特許番号第5,867,347号にも示される。典型的には、完成したHDAは、プリアンプ、ヘッドセレクタ、書込ドライバ集積回路21を含み、これは、リードバック動作中にノイズに対する信号を最大化するために

【0031】図1では、組立てられたHDA10は、クリーンルーム30内の、サーボライタステーション32にあり、整列ピン11と位置合わせされて置かれている。HDA10は、ベース壁、側壁またはカバープレートに形成される開口部を含み、サーボライタ32の機械的または仮想的(たとえば光学的)プッシュピン34を受け入れる。プッシュピン34は、アクチュエータアーム16と係合する係合端を有し、別の端は、逆リフレクタ36に結合される。逆リフレクタ36は、レーザビームを、サーボライタ32内のレーザ光学ユニット38に反射し返す。レーザ光学ユニット38は、従来のレーザ干渉計技術を用いて、基準ピン11に対する逆リフレクタ36の正確な相対位置を決定し、これによって、ディスク12に対するプッシュピン34およびアクチュエータアーム16の相対位置を間接的に決定する。この相対位置情報は、アクチュエータプッシュピンコントローラユニット39に供給され、これがプッシュピン34の位置を制御し、これによってサーボライタで支援されるサーボライタ動作中にアクチュエータヘッドアーム16の位置を制御する。

【0032】この発明の原理に従って、サーボライタ32は、それぞれ、ディスク12を回転させ、アクチュエータ16(および、デュアルステージアクチュエータが存在しているならばマイクロアクチュエータ18)を位置決めし、位相コヒーレントのデジタルサーボ情報フィールド23およびサーボバーストパターンをディスク12に書込みかつチェックするために、回路21を介してスピンドルモータ14、アクチュエータモータ20およびヘッド15を制御する。半径方向サーボ基準バーストA、BおよびCの初期基準サーボバーストパターン22は、サーボライタ32の制御下でヘッド15の比較的広い誘導性書込素子17によって記録される。サーボライタされると、初期基準サーボバーストパターン22は、

18

トリミングされていない3つのバーストパターンを含む。書込まれた初期サーボバースト基準パターンは、ヘッド15の読出素子19が、リーダ素子幅およびライタ素子幅に依存して、データ表面上に規定されたいずれか特定のデータトラック内のいくつか、しかしおそらくはすべてではない場所でサーボすることを可能にするのに十分である。最も好ましくは、初期サーボバースト基準パターンは、十分な領域にわたってサーボすることを可能にするための十分な情報を与え、このため中間バーストの単一の組のみが、すべてのトラックについて最終製品サーボバーストを発生するのに必要とされる。しかしながら、ある状況において必要であれば、最終製品サーボバーストパターンを達成するために中間バーストの複数の組を与えることが実務的である。

【0033】初期サーボバーストパターン22がサーボライタステーション32で書込まれた後、HDA10は、(たとえばベース壁、側壁またはカバープレートにおけるクロックトラックヘッド開口部およびプッシュピン開口部に保護性の展着剤を与えることによってなど)大気に対して封止される。封止されたHDA10は次に、クリーンルーム環境からアセンブリステーションへと移動され、そこで、ディスクドライブ電子部品を担持するドライブ回路基板50が、HDA10に装着され電氣的に接続される。ドライブ回路基板は典型的には、読出/書込チャネル51と、スピンドルおよびアクチュエータモータドライバチップ53と、キャッシュバッファメモリアレイ55と、埋込まれたプログラムされたデジタルマイクロプロセッサコア58およびインタフェース59を含むデジタルコントローラチップ57を含む。チップ/基板レベルの特定の回路集積に依存して、より多くのまたはより少ないチップが実際には、基板50上に含まれてもよい。

【0034】図2では、ドライブ電子部品プリント回路基板50は、HDA10に取付けられ、プリアンプ21、スピンドルモータ24およびアクチュエータボイスコイルモータ20を介してヘッド15に接続され、読出/書込チャネル51は、回路21を介してヘッド15の読出素子および書込素子に接続される。構造的に完成したハードディスク100が結果として得られる。完成したディスクドライブ100は次に、セルフスキャンユニット52に移される。セルフスキャンユニット52は、ディスクウェアダウンロードステーション54を含み、セルフサーボライタ制御ソフトウェアを含むディスク制御ソフトウェアを、中央コンピュータから確保されたトラック41にダウンロードし、たとえば回路基板50上のドライブのデジタルコントローラによって取出しおよび実行される。これらの確保されたトラック41は、完全にサーボライタされ完成したハードディスク100についてのより容易なコード書込を可能としてもよい。代替的に、ディスク制御ファームウェアが、ドライブの回路基

板50上の電氣的にプログラム可能なリードオンリメモリ内に記憶されてもよく、または、これは、ドライブ電子部品の付加的な部分として含まれる直列ポート設備を介してドライブにダウンロードされてもよい。

【0035】代替的に、特殊な回路基板が、プリアンプ21、スピンモータ14およびアクチュエータボイスコイルモータ20を介してヘッド15に接続されてもよい。この特殊な回路基板は、典型的には、図2に示すディスクドライブ製品回路基板50と関連して識別される機能を含むであろうが、ドライブのセルフサーボライト動作のために特に適合され、したがって典型的には、ドライブ回路基板よりより大きい計算速度および能力が付与され、最終バーストパターンをセルフライトするために、複数のセルフライトされたサーボバーストおよび複数レートのサーボバーストサンプリング技術などの使用を可能とするであろう。最終製品のサーボパターンがセルフライトされた後、特殊な回路基板は切離され、ドライブ回路基板50がインストールおよび接続され、これによってディスクドライブアセンブリを完成するであろう。機能54を介するディスクウェアダウンロードが次に、インタフェース59を介してまたは回路基板50の別個の直列ポートを介して行なわれることが可能であり、またはディスクウェアは、専用の回路基板を介してダウンロード可能である。

【0036】ディスクドライブ100がセルフスキャンユニット52にある間に、バーストd、eおよびf（図9）からなる第2の中間サーボバーストパターン24が、たとえば、測定された書込対読出のオフセットに依存していくつかのトラックについてディスク12上にセルフライトされ得る。組立てられたドライブ100は、数時間の間セルフスキャンステーションに留まることが可能である。後に説明するとおり、セルフスキャンプロセスは、この発明のセルフサーボライトプロセスを実行するために、1ヘッドおよび表面あたり最大1時間以上を必要とするであろう。ディスクドライブ100がセルフスキャンユニット52を離れるまでには、最終サーボバーストパターン25が、各製品サーボセクタ場所でディスク12にセルフライトされてしまっているであろう。

【0037】好ましくは、必ずしもではないが、最終製品サーボバーストパターンを含まない、元々のサーボライトされたおよび／またはセルフライトされた中間サーボバーストパターンは、上書きされるかまたはDC消去されるであろう。なぜなら、これらの元々の／中間パターンは、ドライブサーボ動作に必要とされず、したがって、記憶領域に位置しており、これは後に、通常のディスクドライブ動作中にユーザデータを記憶するために用いられる。また基準トラックパターン40の帯域（図7）およびディスク12の確保されたトラック41上に記憶されるディスクセルフサーボライトソフトウェア

は、ディスクウェアダウンロードプロセス54を介してダウンロードされた制御ソフトウェアで上書きされてもよい。制御ソフトウェアは、通常のディスクドライブデータ記憶および取出し動作中に、ディスクドライブ100による取出しおよび使用のために利用可能となるであろう。制御ソフトウェアのアクティブな部分は、バッファ55の確保されたページ領域内に保持され、ドライブチップ57内のデジタルコントローラコア58によって実行される。

【0038】ドライブヘッド位置サーボ制御ループが、各データ記憶表面に書込まれた最終製品の埋込まれたサーボバーストパターンを使用し、特定の表面と関連づけられるヘッド15の読出素子19と、プリアンプチップ21と、読出／書込チャネル51と、57内のデジタルコントローラコアと、モータドライバチップ53と、ボイスコイルアクチュエータモータ20（およびもしマイクロアクチュエータ18がヘッドアームアセンブリ18の一部として含まれていればマイクロアクチュエータドライバ）とを構造的に含む。当業者には十分理解され、したがってここにはさらに詳細に記載しないが、さまざまなアナログーデジタル変換器およびデジタルーアナログ変換器が、ヘッド位置サーボ制御ループ内に含まれる。

【0039】ディスクドライブ設計者が直面する最初の問題は、「トリミングされたバースト」または「トリミングされていないバースト」のいずれを採用するかということである。トリミングされたサーボバーストは、ディスクに対して変位される半径方向位置の書込素子のその後の通過中にバーストの半径方向エッジがDC消去されたものである。トリミングされたバーストパターンは、図3Aに示され、ここではサーボバーストA'が、隣接するバーストC'の上部半径方向エッジと整列するようにトリミングされている下部半径方向エッジ（断続線のブロック内に囲まれるバーストの一部がDC消去されている）を有する。C'バーストの書込についてのサーボライト経路に沿った書込トランスデューサ17の一回の通過中に、バーストA'などの、先に書込まれたバーストをトリミングすることが可能である。しかしながら、トリミングされていないバーストパターンを1回の通過でトリミングされたバーストパターンの代わりに用いると、反復可能ランアウトエラー（RRO）は約2の平方根分、低減されることがわかっている。トリミングされていないバーストパターンについてのバーストゼロ点は、2つの異なったサーボライト通過（各バースト書込について1回の通過）の非反復可能ランアウトエラー（NRRO）によって決定され、図3Aに示すようなトリミングされたパターンについてのバーストゼロ点は、1回の通過（この場合、書込素子は1個のバーストをトリミングし、別のバーストを書込む）のNRROによって決定される。図3Aのトリミングされたバーストパタ

ーンは、各バーストごとに2回の通過、すなわち先のバーストをトリミングするための1回の通過とバーストを書込むための第2の通過とを必要とすることによって、 $\sqrt{2}$ だけ、そのRROを低減するように書込みされ得るが、そのような方策は、サーボライタステーション32で費やされるサーボライト時間をほぼ2倍にするであろう。

【0040】図3Bは、A' およびC' のトリミングされたバーストの整列したエッジを通過する中心線(A-C)についてMRリーダ素子19の半径方向オフセットの関数として線形であるPESをグラフで示す。ライタ素子17がトラック幅の約2/3であれば、PES直線性信号は、トリミングされたまたはトリミングされていないサーボバーストについておおよそ同じであるはずである。しかしながら、トラック幅の約2/3よりも大きい電気的な書込幅を有するライタ素子17については、PES曲線の使用可能部分は、トリミングされていないバーストについてより大きい。図3Aおよび図3Bは、2個のトリミングされたバーストA' およびC' についてのMR読出素子19の半径方向変位の関数としてA'-C' バースト振幅差(PES)を示す。図3Bとして表わされる理想化された曲線は、両端が平らな線によって結ばれる線形部分を有する。図3Bの曲線の使用可能部分は単に、曲線の線形部分である。

【0041】図4Aおよび図4Bは、トリミングされていないバーストAおよびCについての等価の状況を示す。(A-C)=0について中心点を見出された図4Bの曲線の線形部分は、トリミングされたバーストパターンのもよりもより小さいが、図4Bの曲線の使用可能な非平坦な部分は、ディスクに対するMR読出素子19のより大きい半径方向変位にわたって延在する。PES線形化方法がドライブサーボループ内でPESを再線形化するため用いられるならば、図4Aのトリミングされていないバーストパターンは、より大きい使用可能領域を有する。

【0042】場合によっては、ディスク12の記憶領域にわたって半径方向に分布する1つ以上の基準トラックの帯域40を設けることが有用であるであろう。図5は、ディスク12の外径(OD)からディスク12の最小使用可能内径(ID)までのたとえば5つのデータトラックゾーンを示す。ODとIDとの間には、たとえば基準トラック40の6つの帯域が存在する。たとえば6つの基準トラック40のパターンが、図7に示される。図7には6つの基準トラック40が示されるが、他の数のゾーンおよび基準トラックが採用されてもよく、一般的には、より大きい数のゾーンがより少ない数のゾーンよりも好ましいことが理解される。基準トラック40は、複数の組のバーストを含んでもよく、バーストは、PES信号対ノイズ比を向上させるために、最終製品バーストよりもより長くてもよい。基準トラック40は、

サーボライタ32の支援によって書込まれ、ディスクドライブ100のサーボループが、たとえば、位置誤り信号(PES)利得、ディスクにわたるリーダ対ライタの横オフセット、リーダ対ライタの円周オフセットおよびライタ幅に対するリーダ幅を測定することを可能にする。また、この発明の代替の実現化例として、たとえば、1つ以上のディスクウェアデータトラック41を、一般的にはしかし必ずしもではないが、ディスク12のODにおいてフォーマットしかつ確保して、セルフスキャンステーション52でのセルフサーボライト動作中に必要とされ実行されるであろうドライブディスクウェアを記憶することが实际的である。次に、ドライブ100は、完全にフォーマットされたディスクウェアトラック41と基準トラック40との間に存在するトラックのサーボバーストのすべてをセルフサーボライトして、最終のサーボセクタパターン25を生成する。一旦、PES利得および書込対読出のオフセット測定値が、セルフライトされたサーボバーストパターン26を得るためにとられかつ用いられると、基準サーボトラック40は、通常のデータトラックに変換されることが可能である。なぜなら、完成したディスクドライブ100は、いかなるトラック半径方向位置にも正確にサーボ可能となり、基準トラック40はもはや、ディスクドライブサーボ動作のために必要とされないからである。

【0043】図6は、図1のサーボライタ32および書込素子17の支援によって書込まれた位相コヒーレントのデジタル情報23およびサーボバースト22を含むサーボパターンの一例を示す。4つの公称サーボトラック中心線位置、サーボTk₀、サーボTk₁、サーボTk₂およびサーボTk₃が示され、4つの公称データトラック中心線位置、データTk₀、データTk₁、データTk₂およびデータTk₃もまた示される。図6の例では、サーボトラック中心線は、データトラックのピッチの3分の2であるピッチを有する。図6の点線の水平線は、3分の1データトラックピッチでの漸進性のヘッド位置軌跡を表わす。各サーボトラックは、この例では各データトラックのピッチの3分の2であるピッチを有する。選択された軌跡は、サーボライタ32の直接の制御下でのトリミングされていないサーボバースト22および位相コヒーレントのデジタル情報23の書込中に、ライタ素子17によって追従され得る。サーボライタの各データトラックの完全なサーボライトは、ライタ素子17の2回の通過を必要とするであろう。しかし、この発明の原理に従うと、必要とされてもよい任意の中間パターンおよび最終パターンのセルフライトのために必要とされる初期バーストパターンを書込むために、1サーボトラックあたり1回のみの通過がサーボライタで必要とされる。実際には、何千もの同心円状のトラックが、典型的には、ディスク12の外径(OD)から内径(ID)まで規定される。

23

【0044】図6の例では、書込素子17は、各データトラックTkの幅の3分の2よりもわずかに大きく、基準サーボバーストパターン22は最も好ましくは、2つの隣接するデータトラックにわたる3回の通過中に書込まれる3個の「トリミングされていない」サーボバーストA、BおよびCを含む。図10に示される最終のサーボバーストパターンは、1トラックあたり3回通過のトリミングされていない6個のサーボバーストパターンを含む。各最終製品のサーボセクタ25は、好ましくは、サーボライタ支援のデジタルフィールド23と、パターン22のサーボライタ支援のバーストA、B、Cと、パターン26のセルフライトされたサーボバーストD、EおよびFとを含む。代替的に、サーボバーストのすべてが、セルフスキュンステーションでのさらなる時間を犠牲にして、RROを向上させるためにセルフスキュンで再書込されてもよい。

*

$$\begin{aligned} w-d-(w/2) &= w-(w-2/3*TW)/2-(w/2) \\ &= w-(w/2)+(1/3*TW)-(w/2) \\ &= 1/3*TW \end{aligned}$$

式中、wは、書込素子幅であり、dは、 $(w-(2/3*TW))/2$ （トリミングされていないバーストパターンを用いるA-B中心線からのオフセット距離）、TWはトラック幅である。

【0047】先行のディスクドライブ設計は、1トラックあたり3回通過のトリミングされた4個のバーストパターンと、1トラックあたり2回通過のトリミングされない4個のバーストパターンとを用いたが、図10に示す最終のサーボパターン25を用いると、薄膜誘導性ライタ素子17および薄膜MRリーダ素子19の両方の幅における最大の起こり得る変動を用いることが可能となることがわかっている。したがって、図10の最終のサーボパターンを用いることによって、公称トラック幅の66%と120%との間の範囲である電氣的な幅のライタと、公称のトラック幅の35%と75%との間の範囲である電氣的な幅のリーダとが使用可能である（ライタ素子17の幅が常にMRリーダ素子19の幅よりも大きいという付加的な制約を伴う）。1トラックあたり3回通過の方式でトリミングされていないバーストを用いることによる結果の1つは、図10に示される6個の最終のサーボバーストA、B、C、D、EおよびFがすべての起こり得るライタ幅を適応させるために必要とされるということである。

【0048】図10の例では、データトラックの中心線は、以下の関係、 $\{(C-A)-(D-E)\}=0$ を満足させる半径方向点でドライブコントローラ57によって決定されることが注目されるべきである。上述した使用可能範囲内のほとんどのリーダ幅について、これらの関係は通常、書込トラック中心線の近傍における4個のバーストからの情報を含む位置誤り信号（PES）を発生し、その結果、ディスクドライブ100のヘッド位置

24

*【0045】この発明の原理に従って、パターン26のセルフライトされたサーボバーストD、EおよびFが、時間のかかるライタ幅決定およびリーダ幅決定を行なう必要なしに、サーボライタ支援のトリミングされていないバーストA、BおよびCから3分の1トラックピッチオフセットでセルフライトされる。この利点は、図8に例示される。この例では、読出素子19は、AおよびBのバーストの等しい相対振幅の中心線軌跡を追従する。図8に例示されるトラック追従位置（書込対読出のオフセットは0である）では、ヘッド16は、サーボライタ支援のトリミングされていないバーストAの上部エッジとして規定されるトラック境界より下に正確に3分の1トラックピッチで書込素子17をおく。セルフサーボライトするバーストDについてのこの望ましいヘッド位置は、以下のように数学的に確立される。

*

【0046】

20 サーボ制御ループ内のRROおよびPES復調ノイズが低減される。非常に狭いリーダ素子を備えるいくつかのヘッドについては、有用な細かい位置情報は、1サーボ楔あたり2個のサーボバーストからのみ利用可能である。これらのより狭いヘッドについては、TMRは悪化するのであるが、そのようなヘッドのオフトラック読出能力（「OTC」）はより良好なものとなるはずである。また、2個のみのバーストが特定のヘッドによって使用可能である場合、そのヘッドによって読出されるトラックのすべてについてのトラック中心は、公称4バーストゼロ点から2バーストゼロ点に移動され得る。

30 【0049】図10のパターンは、本質的に、各データトラックについて3回の別個の書込を必要とするが、図6の、各点線の水平線あたり1回の書込は、データトラックの3分の2ごとに（点線の水平線2つあたり1回の書込）書込むことによってデジタル情報のすべてならびに第1の3個のバーストA、BおよびCを書込むことが実質的であることを示す。しかしながら、図6に示されるパターンで書込まれたドライブ100は、おそらく、ヘッド位置アクチュエータ16の半径方向のストロークに沿ったすべての位置でうまくサーボすることができないであろう。たとえば、もしMR読出素子19の幅がトラック幅の約5.0%未満であり、かつ、書込素子17の幅がトラック幅の66%であれば、PESは、Bバーストの中心の近傍において平らな領域または0を有するであろう。リーダ幅、ライタ幅および書込対読出のオフセットのいくつかの組合わせによって、ドライブは、セルフスキュンで図10の最終サーボパターンのパターン28のD、EおよびFバーストを書込むために十分に正確にサーボすることが可能である。最終のサーボパターンの直接書込が可能である1組の条件は、

50

- 1) 読出素子の幅がデータトラックピッチの33%より大きく、
- 2) 書込素子の幅がデータトラックピッチの33%未満であり、
- 3) 書込対読出のオフセットがデータトラックピッチの16.7%未満であることである。最初の2つの条件は自由であるが、第3の条件は、すべての動作スキュー角でのすべてのヘッドについて計算するために拘束的なものである。読出/書込オフセットがトラックピッチの16.7%を超えるような状況については、セルフサーボライト動作は、2つのステップで実行される。

【0050】図9に示すとおり、第1のセルフサーボライトステップは、バーストd、eおよびfからなる中間バーストパターン24が、データトラックの+/-16.7%のオフセットで書込まれるようにする。上に列挙した最初の2つの条件が満たされる（最小のリーダ幅および最大のライタ幅を制限する）かぎり、図10に示すパターン26の最終バーストD、EおよびFを書込むために、元のバースト22の2つの隣接する半径方向エッジまたは中間バースト24の2つの隣接する半径方向エッジのいずれかを用いてドライブがサーボする方法が常にある。大きい書込対読出オフセットについては、用いられるサーボバーストは、小さいオフセットについて用いられるバーストと同じでない可能性があることが注目される。

【0051】図3A、図3B、図4Aおよび図4Bに関連して上に説明したとおり、「トリミングされていない」とは、バースト幅が、書込素子17の有効な電気的な幅に対応することを意味し、バースト幅を公称基準幅にトリミングするかまたは調整させるためにバーストエッジをDC消去する試みがなされないことを意味する。単一の半径方向バーストパターン22が図6に示されるが、実際には、複数のサーボバーストが、ディスク12の周りに延在するサーボスポーク内に書込まれることがさらに理解されるであろう。典型的には、特定のディスクドライブ設計上の考慮に依存して、ディスク12上に規定される、90~150またはそれ以上ものサーボ楔またはスポークが存在し得る。特定のドライブ設計のサーボスポークの数が大きければ大きいほど、サーボバーストの数は大きくなるであろう。

【0052】図6のサーボバーストパターンを書込む間、サーボライタ32のプッシュピン34は、アクチュエータアーム16を案内し、ヘッド15の書込素子17は、基準バースト22の複数のコピーと、たとえば、同期フィールド、サーボアドレスマークフィールド（これは、1回転あたり1個の基準位置をマークするために1セクタ内にインデックスマークを含み得る）、トラック数フィールドおよびサーボ数フィールドを含む、位相コヒーレントのデジタルサーボ情報23の複数のコピーとを書込む。デジタルスポーク情報フィールド23は、ト

ラックからトラックへとコヒーレントであり、任意の特定のデータトラック中心線位置との何らかのヘッドの不整列に関係なく、この情報を、ヘッド15のリーダ19が読出可能であり、読出チャンネル51およびドライブサーボコントローラ57がデコード可能であることを意味する。デジタルスポーク情報23は、トラックシーク動作中にヘッド位置を決定するために必要とされる粗い位置決め情報を与え、最終のサーボバーストパターン26は、細かいヘッド位置決め情報を与えて、ヘッドが、読出のために追従されるデータトラックの読出素子中心線で正確に制御され、ユーザデータの書込のために追従されるデータトラックの書込素子中心線を追従するために制御されることを可能にする。

【0053】場合によっては、リーダ/ライタ幅許容差を緩やかにしかつ/または上記に述べた1) 2) および3) の限界を超えて書込対読出のオフセットを増大させることが望ましいであろう。そのような場合には、ディスクドライブ100が、最終のバーストパターンをセルフフライトするより前に、第2の中間サーボバーストパターンをセルフフライトすることが实际的である。したがって、サーボライタ32の支援によって与えられた元々の基準バーストパターン24および第2の中間パターンは、セルフスキャンユニット52でドライブ100によってセルフフライトされ、最終製品バーストパターンを生成するために使用される。最終のパターンは、図10による、6個バーストのトリミングされていないパターンであってもよく、4個バーストのトリミングされたバーストであってもよく、または、ドライブ専用のリーダ/ライタ幅および書込対読出のオフセットに鑑みて回転アクチュエータ16のストロークにわたって堅固かつ信頼性のある線形化可能PESを与える他の好適なバーストパターンであってもよい。

【0054】図2に示すとおり、組立てられたディスクドライブ100は、電子部品およびドライブコントローラ回路基板50内に読出チャンネル51を含む。いくつかの場合には、読出チャンネル51は、デジタル情報フィールド23の読出およびデコードに続く、有限数のサーボバーストの相対振幅の読出および捕獲に制限されてもよい。たとえば、いくつかの読出チャンネルチップアーキテクチャでは、読出/書込チャンネルチップは、デジタル情報フィールド23を読出しかつ利用して、サーボバーストフィールド22、24および/または26を書込んでから、単一のサーボセクタ間隔内のバーストを復調することができないこともある。この制限のために、変形されたセルフサーボフライト方式が、所望の最終のセルフフライトされたサーボパターン25を達成するためにとられ、さらに、図1のサーボライタステーション32などの工場のサーボライタを最小限使用してもよい。

【0055】図11を参照すると、現在のところ好ましいサーボフライトシーケンスは、デジタル情報フィールド

23および基準サーボバーストフィールド22を第1の基準サーボセクタパターン25Aとして書込むことを支援するためにサーボライタステーション32をまず必要とし、第2のデジタル情報フィールド23Aおよび基準サーボバーストフィールド22Aを第2の基準サーボセクタパターン25Bとして書込むことを支援する。図7に示すとおり基準トラック40が、サーボライタステーション32の制御下で書込まれてもよい。図12に示すとおり、ドライブ100が組立てられセルフスキャンステーション52に転送された後、ドライブは、サーボフィールド25A内の第1の基準パターン22のすぐ後に続く場所に基準バーストパターン22に対してたとえば16.67%のトラックピッチでバーストd、eおよびfからなる中間バーストパターン24をセルフライトする。次に、図13に示すとおり、バーストD、EおよびFからなる最終製品のバーストパターンフィールド26が、第2のサーボセクタ25B内に第2の基準バーストパターン22Aのすぐ後にドライブ100によってセルフライトされる。次に、もともとのサーボパターン25Aは、適切なディスクドライブ動作のためには必要でなく、したがってはディスク記憶表面のユーザデータ記憶セクタ内に究極的には存在するので、DC消去またはユーザデータで上書可能となる。

【0056】1インチ当たり16,000トラックのトラック密度、90Hzのスピンドル回転速度、0.9645インチの全半径方向アクチュエータストローク、各データトラック当たり1.5サーボトラック、ディスクのセルフサーボライト中1サーボトラック当たり14ディスク回転および1時間当たり3600秒を有する例示の3.5インチディスクドライブのあるデータ表面をセルフサーボライトするために必要とされるおおよその推定時間(T_H)は、 $T_H = (16000 * 0.9645 * 1.5 * 14 * 1 / 90) / 3600 \sim 1$ 時間(1ヘッド当たり)である。

【0057】各サーボトラックについての14回転中に、おおよそ1回転が、次のトラックをシークしかつこれに定まるために必要とされ、1回転が、各中間バーストd、eまたはfを書込むために必要とされ、1回転が、最終製品のバーストD、EまたはFを書込むために位置をシークし定まるために必要とされ、8回転が、より高いRRO調波を拒絶するためにRRO情報を収集するために必要とされ、2回転が、追従されるトラック軌跡に沿って存在する位置的誤りRROを相殺するために、記録され後にデジタル化されたPESと組合されるバースト補正值(BCV)を計算するために必要とされる。BCVは最初、たとえば、回路基板50上のドライブのバッファメモリ55内に記憶される。次に、最後の1回転が、特定のセクタ場所についてメモリ内に記憶されたBCVおよびPESを用いてフィールド26内の最終製品のバーストD、EまたはFを書込むために必要と

される。RROが、BCVを用いて中間および最終バーストパターンを書込むことによって向上されると、各サーボトラックについて14より多くの回転が必要とされてもよい。BCVは、サーボセクタのBCVフィールド内に記録され、ドライブの製造および顧客への搬送の後に、製品のサーボシステムによって使用されてもよい。

【0058】BCVは、ディスク12の複数の回転にわたって決定可能であり、ヘッド読出素子19は、同じ半径方向アクチュエータ位置(トラック軌跡)を追従する。バースト補正值を計算するための方法の現在のところ好ましい一例は、「サーボパターン誤りのインドライブ補正」("In Drive Correction of Servo Pattern Errors")と題するシェパード(Shepherd)らに付与され同一人に譲渡された米国特許番号第5,793,559号に記載され、その開示はここに引用により援用される。BCVがドライブ電子部品50によって計算された後、最終バーストD、EおよびFが各最終サーボセクタに書込まれる際に、値は、ヘッドアーム16およびヘッド15の位置を調整するために与えられる。このようにして、最終のセルフライトされたバーストパターン26は、サーボライタ32を用いる1回の通過中に書込まれた等価のパターンより少しも不良ではないRROを有し得る。セルフサーボライト中にドライブサーボループが、ディスク変動および/またはスピンドルNRROを補償するのであれば、最終サーボバーストパターンは、サーボライタで生成されたサーボバーストパターンよりも実際は少ないRROを有し得る。好ましいセルフサーボライト方法は、ドライブが必要とする中間バーストd、eおよびfのすべてをまず書込み、次に、各最終バーストD、EまたはFを書込む直前に、RROを集め適切なBCVデータを処理することによって、戻って最終バーストを書込むことを必要とする。

【0059】製品サーボバーストをセルフサーボライトする際に、サーボバーストによって決定されるトラック中心線とデジタルサーボ情報フィールドのトラック中心線との設計相関関係を維持することが非常に重要である。したがって、低調波RROは、ディスクドライブサーボループの適合可能なランアウト補正システムが後に続き、高調波RROは、最終バーストパターンを書込む際にBCVを用いることによって補正される。トラック幅に比べて小さいどの書込ランアウトについても、そのようなランアウトは好ましくは、より円形のトラック軌跡を規定するためにより滑らかなバーストが書込まれるように無視される。

【0060】セルフスキャンユニット32でセルフサーボライトする時間は、サーボライタ/クリーンルーム時間よりもそれほど貴重ではないので、初期基準バーストパターン22を書込む際のサーボライタ32でのディスク回転を高速化し、中間バーストパターン24および最終バーストパターン26の書込の際のセルフスキャンで

のディスク回転を遅くすることが实际的となる。この方策はまた、最終バーストパターン26における書込反復可能ランアウトの量を低減することを支援する。

【0061】デュアルステージアクチュエータの使用は、この発明の実現における実的な向上をもたらし得る。ヘッドポジション16が公称シリングトラック中心に置かれると、特定のヘッドと関連付けられるマイクロアクチュエータ18が、所望のトラック軌跡を追従するよう「向けられ」てもよい。

【0062】ドライブ読出チャンネルチップ51のいかなる限定からも独立して、ダブルサーボ基準パターンをディスク12上に書込んで、セルフスキャンセルフサーボライト動作中のダブルサンプリング・サーボセクタサンプリング構成を可能にすることが望ましいであろう。基準サーボバーストのダブルサンプリングは、ドライブサーボループが、セルフサーボライトプロセス中によりうまくNRROを追従することを可能にし、その結果として、セルフサーボライトされたバーストD、EおよびFにおいてRROはより少なくなる。ダブルサンプリングサーボレートは、ディスクドライブ制御電子部品が、必要とされる計算を実行する際にさらなるディスク回転レイテンシを不当に招くことなしに、必要なRRO計算およびBCV計算をするために十分な計算速度およびデータ処理能力を有することを想定する。セルフサーボライト中にヘッドディスクアセンブリ10を制御するために、製品の電子基板50に代わってこの場合には、専用高速コンピュータを用いてもよい。

【0063】スタッガーサーボライトおよびバンクサーボライト技術が公知であるが、ディスクスタックに沿ってヘッドからヘッドへ（表面から表面へと）漸進するスタッガーセルフサーボライトプロセスを採用することが、現在のところ好ましい。スタッガーセルフサーボライトとは、ドライブの記憶表面のサーボパターンが、ディスクの1回の回転中に漸進的に書込まれる（円周的にスタッガーされる）ことを意味する。この方策は、サーボライタステーション32での時間を最小にするために時々採用されるが、この発明の原理に従って用いられると、この方策によって、バーストによって規定されるトラックの中心とコヒーレントなデジタル情報フィールド23内のトラック数によって示されるトラックの中心との間にかなりのオフセットがもたらされる可能性がある。このオフセットは、公称トラックの近傍のさまざまなオフトラック位置を追従し、かつトラック数値が各オフセットごとにいかに異なるかを注目することによって、校正可能である。このオフセットがサーボトラックピッチの小部分内に（データトラックピッチの3分の2）あるように校正することが必要である。校正があまりにもかけ離れると、これは、ドライブ100が間違ったトラック位置にデータを書込みしたがってユーザデータを失ってしまうように、デジタルトラック数とバースト決定されたトラック中心線との間の不一致がもたら

される可能性がある。

【0064】バンクサーボライトは、ディスクの1回の回転中に並列にサーボ情報ですべてのデータ記憶表面を書込むことを必要とし、バンク書込は、スタッガーサーボライトで注目されるオフセットの問題に加えて別の問題を有する。ヘッド間での接線スキューは、ディスクドライブがサーボライタステーション32からセルフスキャンステーション52へと移されるとき、大きく変わる可能性がある。実際の測定値は、5個の3.5インチディスクの、5400RPMドライブの上部ヘッドから下部ヘッドまでの接線スキューは、2マイクロ秒ほどの長さがかかり得ることを示している。そのようなスキューは、デジタル情報フィールド23に対してバーストを位置決めするためにフォーマットされたスペースを残すことによって受入れられなければならないであろう。必要な許容差または「スロップ」時間の控えめな見積りは、2分1マイクロ秒であろう。デジタルフィールド23に対するバーストタイミングスキュー（レイテンシ）は、ヘッド当り、ゾーン当りをベースとして校正されなければならないであろう、そのため、ドライブのサーボ制御ループは、サーボバーストを適切に復調し、PESを生成することが可能である。しかしながら、デュアルステージアクチュエータが各個々のヘッド位置のサーボ制御について利用可能であれば、かつ、サーボパターンオフセットがディスク表面間で採用されるかまたは複数の読出／書込チャンネルが同時に存在するかのいずれかであれば、マイクロアクチュエータ18に、ディスクスタックの特定のシリング場所で、サーボライトまたはセルフサーボライトされた各記憶表面でのDCオフセットおよび学習されたNRROの効果を相殺させることによって、同時にかつ高い精度で複数の記憶表面をサーボライトすることが实际的であろう。

【0065】単一のヘッド／表面セルフサーボライトに従うことの利益の1つは、バースト中心とトラック数中心との間のオフセットが十分に小さいので、前に説明したとおり、サーボライタ32の監視下で書込まれる第1の3個の基準バーストA、B、Cの最終製品サーボパターン内での使用と、3個の最終バーストパターンD、EおよびFのみを書込むためにセルフサーボライトプロセスの使用とを可能とすることである。しかしながら上述したとおり、バーストトラック中心とデジタルトラック数中心との間のオフセットが大きすぎれば（適切に校正されなければ）、トラック数識別誤りおよびデータの損失が起こる可能性がある。

【0066】図14のフローチャートは、この発明の原理に従うディスクドライブ製造方法100を要約したものである。HDA10を含む構成要素および部品は、ステップ102で受取られ点検され、次にステップ104で、クリーンルームまたはクリーンな環境30内でHD

A10に組立てられ、テストされる。次に、テストされたHDA10は、サーボライタステーション32に移されるがなおもクリーンルーム30内にあり、ステップ106で、初期基準サーボパターンが、サーボライタ32の直接の制御下で書込素子17によって少なくとも1つのディスク表面上に書込まれる。次に、HDA10は完全に被覆され、封止され、サーボライタステーション32およびクリーンルーム30から除去される。

【0067】ステップ110で、組立てられたドライブプリント回路基板が、受取られ電氣的に検査される。基板は次に、ステップ112で、HDAと併合され、ディスクドライブアセンブリプロセスを完了し、次に、セルフスキャンラック場所に移される。ステップ114で、ドライブがセルフスキャンユニット52に接続された後、セルフサーボライトファームウェアが、ドライブのバッファ55にダウンロードされる。次に、ステップ116で、半径方向および接線書込素子対読出素子のオフセット、各ヘッド15ごとのPES線形化およびアクチュエータストロークにわたるトルク定数(k_t/T)を含む(しかしこれに必ずしも限られるわけではない)多数の重要な較正を行なう。ステップ118で、たとえばバーストd、eおよびfなどの中間サーボバーストの組のパターンが、各記憶表面にドライブによってセルフライトされ、ステップ120で、たとえばバーストD、EおよびFなどのバーストパターンの最終の組が、各記憶表面にセルフライトされる。元々の/中間バーストパターンは次に、セルフスキャン中に、ステップ122でテストパターンで上書されるかまたはDC消去されることが可能である。最後に、ドライブは、ステップ124で、顧客の特定の要求のために構成され、ステップ126で、梱包され顧客に発送される。

【0068】記載された特定の実現化例は、クレームを例示するものとして意図され、その範囲を限定するものではないことが理解されるべきである。いかなるそのような実際の実現化例の開発においても、システム関連およびビジネス関連の制約に応じるように開発者の特定の目的を達成するために、多数の実現化例に特定の決定がなされなければならない、これらの目的は、実現化例によって異なるであろうことがもちろん認められるであろう。その上、そのような開発努力は、複雑かつ時間がかかる可能性があり、それにもかかわらず、この開示の利益を有する当業者にとっては技術上の通常の業務であろうことが認められる。

【0069】この発明は、現在のところ好ましい実施例について記載されたが、この発明は、たとえば他のディスクドライブサーボライト方法およびパターンと関連付けて利用可能であることが当業者には明らかであるはずである。したがって、現在の開示が限定するものであると解釈されるべきでないことが理解される。さまざまな代替および変形が、上記の開示を読むと、当業者には疑

いもなく明らかとなるであろう。したがって、前掲のクレームは、この発明の真の精神および範囲にあるようなすべての代替および変形を含むものとして解釈されるべきであることが意図される。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の原理に従う第1の基準バーストパターンをサーボライトするためにクリーンルーム内のサーボライタステーションに位置するディスクドライブヘッドディスクアセンブリの概略的な平面図である。

10 【図2】 図1に同様の図であって、ただし、ヘッドディスクアセンブリが封止されドライブ電子回路基板がこれに設けられてディスクドライブアセンブリを完成し、さらにサーボバースト製品パターンをセルフライトするためにパーインユニットに移されている、この発明の原理にさらに従う図である。

【図3】 Aは、2つの半径方向にオフセットされ半径方向にトリミングされたバーストの隣に並置されるMR読出素子の概略図であり、Bは、Aのトリミングされたバーストパターンについてのバースト確立されたトラック中心線からのMR読出素子の半径方向変位の関数としてのバースト振幅差のグラフである。

【図4】 Aは、2つのトリミングされていない半径方向にオフセットされたバーストの隣に並置されるMR読出素子の概略図であり、Bは、Aのトリミングされていないバーストパターンについての、バースト確立されたトラック中心線からのMR読出素子の半径方向変位の関数としてのバースト振幅差のグラフである。

【図5】 図1のサーボライタを用いて記録された1つ以上の基準トラックを各々含む6つの基準トラック領域によって張られた5つのデータゾーンに分割されたディスク表面の大きく拡大された平面概略図である。

【図6】 図1のサーボライタステーションで書込まれた、2データトラック当り3回通過の(1トラック当り1.5回通過)トリミングされていない基準サーボバーストパターンの大きく拡大された平面概略図である。

【図7】 図1のサーボライタステーションで図5の基準トラック領域内に書込まれたトリミングされていない基準サーボバーストパターンの大きく拡大された平面概略図である。

40 【図8】 図6の2データトラック当り3回通過のトリミングされていない基準サーボバーストパターンであって、2つのバースト間のゼロ点が、ライタ対リーダのオフセットが0である場合にサーボ基準場所を与え、これによって、この発明のさらなる原理および局面に従ってライタ幅またはリーダ幅の決定なしに3分の1ピッチで中間および最終サーボバーストパターンの直接書込を可能とする、トリミングされていない基準サーボバーストパターンの大きく拡大された平面概略図である。

50 【図9】 図6の基準トラックサーボバーストパターンと、セルフスキャン中にディスクドライブによってセル

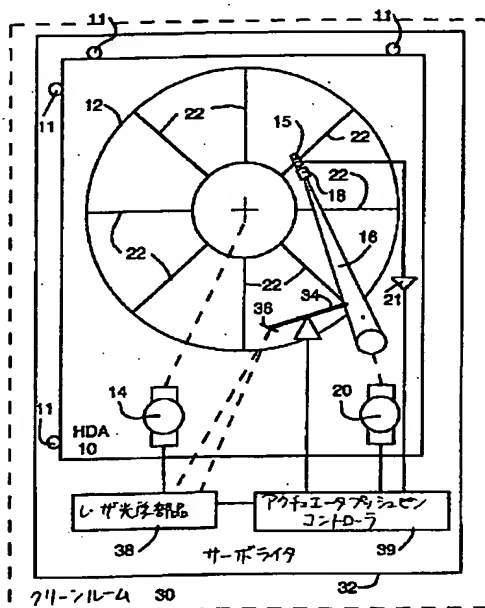
33

フライトされる中間のトリミングされていないサーボバーストのパターンとの平面図である。

【図10】 (最終的にはユーザデータパターンで上書きされる中間バーストとともに) セルフライト中にディスクドライブによってセルフフライトされる最終のトリミングされていないバーストを伴う図9のパターンの平面図である。

【図11】 図1のサーボライタステーションの支援によって書込まれた2つの、1データトラック当り3回通過のトリミングされていないサーボバーストパターンで 10 あって、そのパターン的一方は、第1のサーボバーストパターンに加えて製品デジタルデータであり、パターン*

【図1】



34

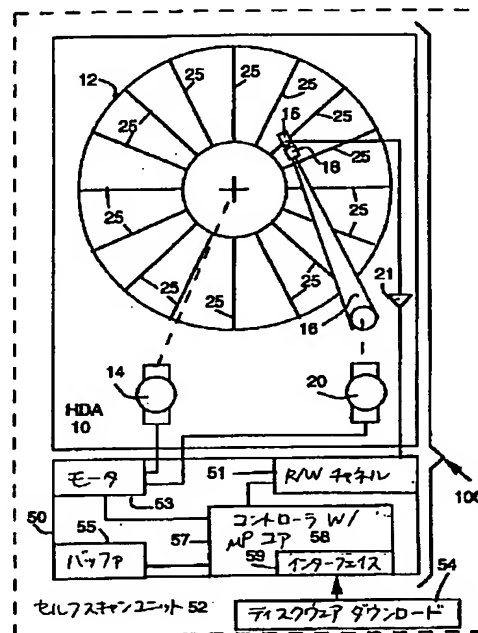
*の他方は、基準パターンである、サーボバーストパターンの代替の図である。

【図12】 図11の基準トラックサーボバーストパターンと、セルフライト中にディスクドライブによってセルフフライトされる中間のトリミングされていないサーボバーストのパターンとの図である。

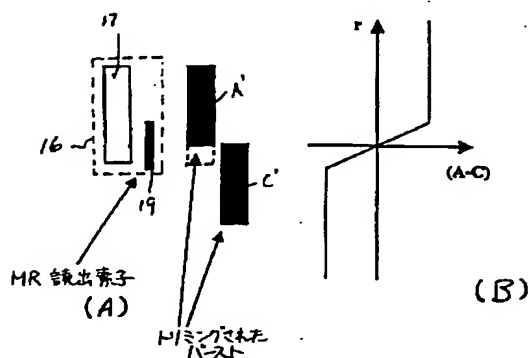
【図13】 図12の基準および中間サーボバーストパターンと、セルフライト中にディスクドライブによってセルフフライトされる最終のトリミングされていないサーボバーストパターンとの図である。

【図14】 この発明の原理に従うディスクドライブ製造プロセスの高レベルの流れ図である。

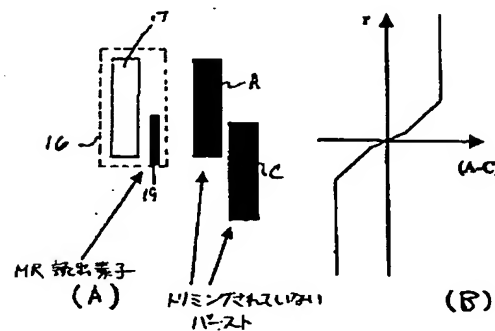
【図2】



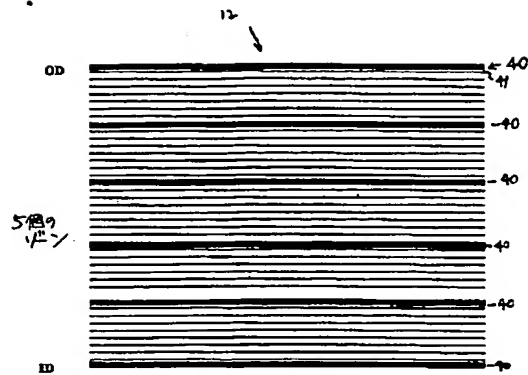
【図3】



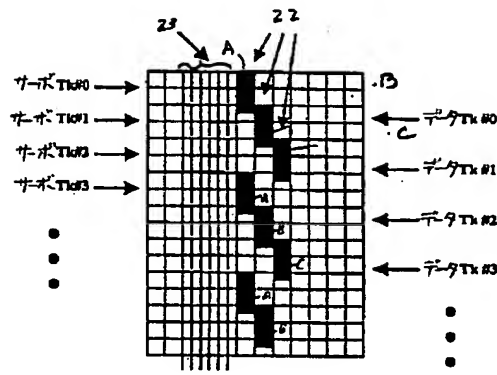
【図4】



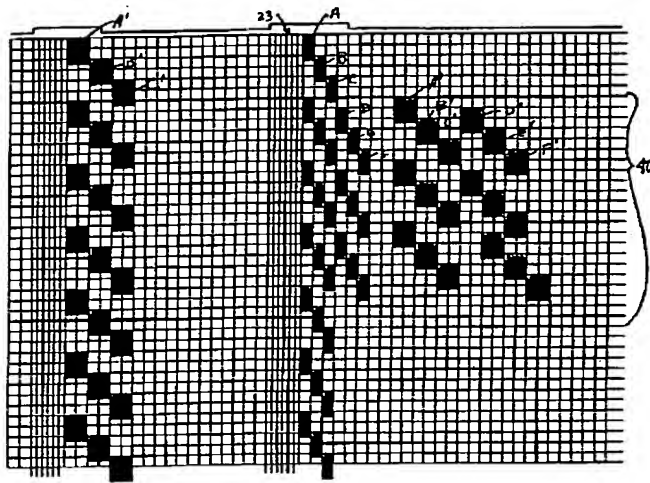
【図5】



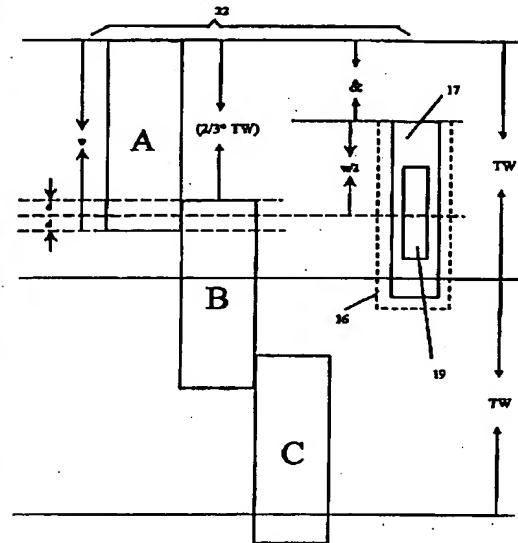
【図6】



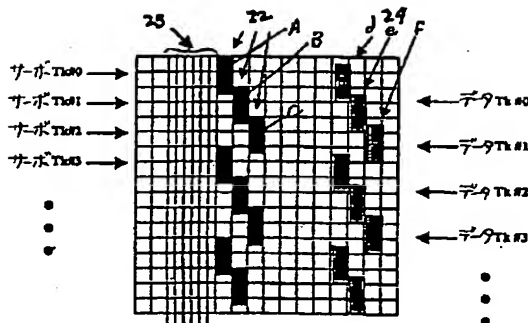
【図7】



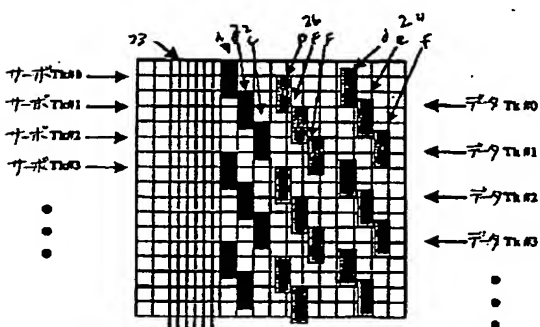
【図8】



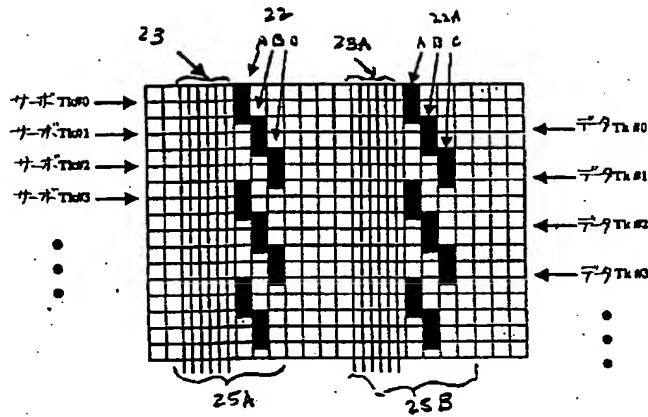
【図9】



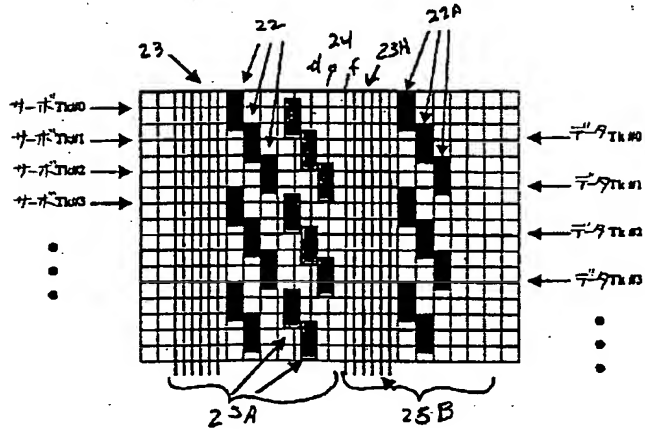
【図10】



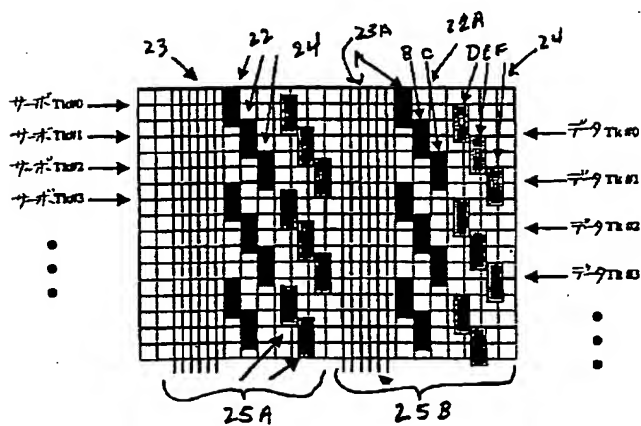
【図11】



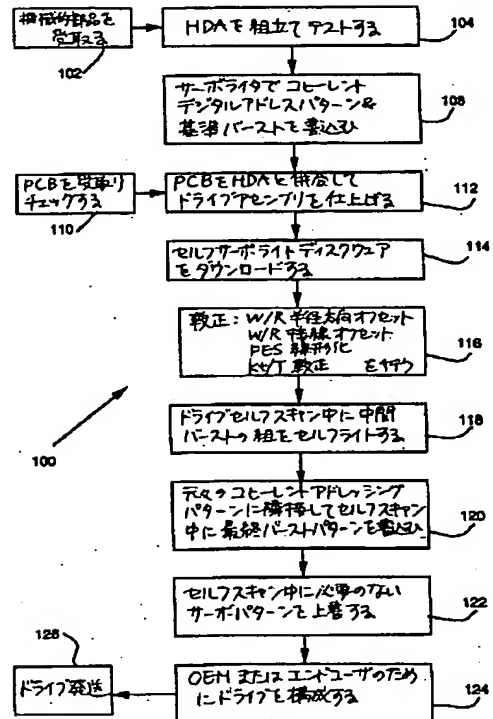
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 ジョン・リン
アメリカ合衆国、95014 カリフォルニア
州、クペルティーノ、克蘭ベリー・サー
クル、7950

(72)発明者 デイビッド・ビィ・ジェップソン
アメリカ合衆国、カリフォルニア州、リバ
ームーア、スタンフォード・ウェイ、4275

(72)発明者 沖 憲二
高知県宿毛市港南台 1-1-10